台灣若干土壤有機質分解、聚積之模擬及有機質肥料施用基準之試定

陳琦玲[1] 連 深[2]

摘要：本報告之目的是以台灣過去三處長期試驗資料，檢討不同環境及耕作制度下，連續施用一定量作物殘體或有機質肥料後，土壤中有機質的分解與累積的情形，並嘗試以一階反應方程式模擬之，以概括了解其長期趨勢，進而作爲維持不同土壤有機質含量所需有機質肥料施用基準釐定之依據。討論之長期試驗資料包括台北每年二作水稻之48年試驗、屏東萬巒每年二作水稻和秋作大豆之14年試驗及台南善化每年二作或三作大豆之9年試驗等資料，並以日本埼玉縣鴻巢市每年一作水稻之60年試驗和神奈川縣平塚市寺田村每年洋蔥-甘藍各一作之9年試驗作爲比較。結果顯示，溫帶較熱帶、水田較旱田，可維持較高的土壤有機質含量。化學肥料之長期施用較無肥區可維持較高的土壤有機質含量，而綠肥之長期施用，雖能使土壤有機質含量稍高於化肥區，但比之堆肥區則效果甚小。欲藉有機質肥料之施用，以提高有機質含量，台灣環境顯然較日本環境困難，旱田又較水田難。利用台灣地區有機質肥料在土壤中分解快速之事實，農地可利用作爲無害有機廢棄物之處置場所，以達廢棄物減量之目的，但需按其分解特性，酌定合理施用量，以防二次污染。

根據試驗與模擬分析結果，台北水田在無肥狀態下以每作水稻收穫之殘株及根(約1.4Mg/ha/year)即可維持土壤有機質含量於3.5％水準，而欲使台北水田土壤有機質含量，由無肥區維持之3.5％提高至4.5％，每年需施用17 Mg/ha(鮮重)廄肥，平衡時(約需70年)，每年可釋出約180kg/ha氮量；在連用十年後，氮素礦化率即達85％，每年可釋出約150kg/ha氮量。善化旱田由1％提高到2％，每年需投入110 Mg/ha蔗渣濾泥堆肥(鮮重)，平衡時(約需30年)可釋出約740kg/ha氮量；在連用五年後，其礦化率已達90％，每年可釋出670kg/ha氮量，因此長期施用，恐有污染之虞。

關鍵詞：土壤有機質、分解、模擬。

前 言

土壤有機質長久以來均被認爲是植物養分之貯藏庫，並且是土壤結構穩定性重要影響因子(8)。有機質在土壤中的分解與累積爲一微生物作用之動態過程，其分解速率依施用之作物殘體或施用之有機質肥料及氣象形態與土壤環境而異。在固定的耕作制度下，維持固定有機殘質施用量，則土壤有機質會在其土壤環境中達到平衡,使其含量趨於穩定。但當周圍環境有重要的改變時，如作物耕作系統、土壤通氣或排水狀態改變時，土壤有機質含量又會逐漸改變，而達另一平衡(33)。

[1] 台灣省農業試驗所農化系助理研究員。
[2] 台灣省農業試驗所農化系研究員兼系主任。

有關有機殘質在土壤中之分解模式的研究很多，單組成份一階動力反應方程式常被用來計算作物殘體分解速率與土壤有機質達平衡之含量[19,27,31,32]。然而有機質是以多種形態存在於土壤中，各形態之分解速率相差甚多，故多數模式以多步驟之動力學模式模擬之，如Jenkinson and Rayner(1977)以一將土壤有機質分爲5個部分的動力學模式，來模擬英國Rothamsted試驗農場130年的土壤有機質轉化現象。Hunt(1977)亦以一偏重微生物活性動力學模式，模擬草原有機質之分解。Van Veen and Paul(1981)則模擬加拿大土壤有機質分解與累積。林等(1987)則根據上述三個模式理論，綜合整理成另一土壤有機質轉化模式，並進行在不同土壤特性與環境下之土壤培育試驗的土壤有機質轉化模擬。目前這些模式大都偏重討論旱田狀態之土壤有機殘質分解。

台灣地處於亞熱帶及熱帶，土壤有機質分解速率度較溫帶及寒帶爲快，不易維持土壤有機質在高的含量。因此如何在熱帶地區增加土壤有機質含量顯得非常重要，但亦較困難。然而盲目使用大量的有機質肥料則可能造成環境污染問題。

本報告之目的爲檢討台灣地區與日本共五處長期試驗中，作物殘體與有機質肥料在土壤中分解與累積情形，並以一階方程式模擬之，以概括了解其長期趨勢，進而作爲有機質肥料施用基準釐定之依據。

材料與方法

(一)長期試驗地點與肥料處理說明

本報告檢討之台灣地區長期試驗，包括台北市農業試驗所每年二期作水稻之水田48年(1924-1972年)長期試驗[1,2]、屏東縣萬巒鄉萬金村水稻-水稻-大豆輪作田14年(1974-1988 年)試驗[6]及台南縣善化鎮亞蔬農場每年三期作大豆田9年(1984-1992年)試驗等三處試驗[11,13]，並以日本埼玉縣鴻巢市農事試驗場每年一期作水稻之水田60年(1926-1985年)長期試驗[29,34]、神奈川縣平塚市寺田村農業綜合研究所洋蔥和甘藍蔬菜田9年(1978-1987年)試驗[39,40]等二處試驗資料，作爲不同地區氣象形態、土壤與作物制度及不同有機質肥料施用下，土壤有機質分解與累積之比較。各試驗區附近氣象站歷年的溫度與雨量資料列於表一與圖一、二。日本二處試驗區均有溫度計錄，雨量資料則採用東京歷年平均資料。各試驗區之土壤特性如表二。不同肥料處理之每年的作物殘體及有機質肥料施用量列於表三。

台北農試所1924-1972年間水稻的同種肥料連用試驗，共設12個處理，每一處理二重覆，本報告僅檢討其中無肥區、化肥區、綠肥區與(廏肥－過磷酸鈣)區(以下簡稱廏肥區)等處理。水稻品種包括在來種和蓬萊種，在來種係於1924年開始試驗，第一期作用短廣花螺，第二期作用短腳尖，而蓬萊種則於1926年開始試驗，第一、二期作均用台中65號。本報告僅針對在來種資料進行檢討與土壤有機碳模擬。各處理小區面積1930前爲33m^2，1931起爲13.2 m^2，但1941年記錄上爲16.5m^2。試驗中之土壤有機碳分析，僅於1946年冬季二期作水稻收割後，及1972年一期作水稻收割後，採樣分析。後者文獻[1]上記錄之各處理區土壤有機碳含量乃爲在來種與蓬萊種相同處理區之平均值。本報告土壤有機碳之模擬起始點乃以1946年無肥區之有機碳含量代之。長期試驗中除了1943和1944年因故中止,改種甘藷外,其餘各年度每一期作之化肥、綠肥、廏肥區均施用95kg/ha氮素之肥料。從1924至1972年一期作共93期作，施用8835kg/ha氮素。各期作化肥區乃施用451kg/ha硫酸銨，綠肥區則施用15.78Mg/ha青皮豆(含氮0.6

%)，假設青皮豆含水分80%，而乾物質含碳40%[4]，則每期作約施用1.26Mg /ha碳量。廄肥區則施用9.1Mg/ha之新鮮廄肥，其中含氮1.04%，C/N=15，估計每期作約施用1.42Mg/ha碳量。根據文獻上之記錄，無肥區、化肥區、綠肥區與廄肥區1924-1971年再來種一期作稻穀平均產量分別爲1557，2797，2806，3052kg/ha，二期作爲1697，2307，2333，2648kg/ha，1924-1946年一期作稻蒿平均產量1049，2743，2645，2394kg/ha，二期作爲1883，3134，2927，3337kg/ha。各處理區之水稻殘體的估算乃引用曾(1981)所得之單位面積的根乾重約爲稻穀產量之0.33-0.37的結果，以稻穀產量之1/3來估算水稻殘留於土壤之根乾重。水稻斷株乾重則以稻蒿乾重之1/6估算。則無肥區、化肥區、綠肥區、廄肥區各處理每年由水稻殘體提供之碳量分別爲0.6，1.0，1.0，1.1Mg/ha。

屏東縣萬巒鄉萬金村水稻－水稻－大豆輪作制度，係始於1974年二期作水稻至1988年一期作水稻。水稻品種爲台南5號，大豆爲高雄3號。原試驗目的爲探討在水稻－水稻－大豆輪作制度下，長期施用石灰與作物殘體對土壤肥力改良與作物增產之效果。試驗設計乃採裂區設計，以石灰石粉處理(0，2，4Mg/ha)爲主區，氮肥(標準氮區與少氮區)及有機殘體組合處理爲副區，標準氮區1974-1979年爲氮110kg/ha，1980年以後改爲氮90kg/ha，少氮區1974-1979年爲氮90kg/ha， 1980年以後改爲氮70kg/ha，每處理小區面積5*4m^2。作物殘體處理係秋作大豆及一期作水稻殘體犁入土中，而二期作水稻殘體則作爲秋作大豆不整地栽培覆蓋之用，作物殘體施用量爲二期作水稻整地前稻蒿用量，1974-1976年爲2Mg/ha，1977年以後改用4Mg/ha，秋作大豆以前作稻蒿4Mg/ha作爲覆蓋，一期作水稻以前作大豆豆桿2Mg/ha犁入土中。假設作物殘體含水10%，乾物質含碳40%，則1974-1976年每年估計共施用2.9Mg/ha碳量，1977年後則3.6Mg/ha碳量。(化肥＋作物殘體)區與化肥區各期作水稻根殘留量之估算與台北試驗者相同，1974-1987一期作水稻產量化肥區爲4386kg/ha，化肥＋作物殘體區爲4470 kg/ha，1975-1988二期作水稻產量化肥區爲6650kg/ha，化肥＋作物殘體區爲6678kg/ha，故估計無論化肥區或化肥＋作物殘體區一、二期作殘留根部約提供1.5Mg/ha碳量，大豆殘留根量則假設爲0.26Mg/ha乾重，而含碳40%，故殘留0.1Mg/ha碳量。化肥區之水稻斷株之估算，因文獻上沒有稻蒿產量，故以稻穀產量之1/6估算。每年約提供0.7Mg/ha之碳量。土壤有機質測定乃於各期作收穫時於各試區採樣測定之，本報告化肥區與作物殘體區之土壤有機質含量乃爲各氮肥處理石灰石粉處理變級之平均值。

台南大豆連作田試驗始於1983年春作至1993年春作，每年二作或二作大豆，處理分爲無機肥區和(無機肥＋蔗渣濾泥堆肥)區，但1984年秋作無機肥區和(無機肥＋蔗渣濾泥堆肥) 區一樣均施20Mg/ha蔗渣濾泥堆肥。每處理小區20㎡。1984年秋作至1986年春作間兩種處理均混入大豆殘體，1984年秋作至1986年秋作另用稻草敷蓋，各期作施用量如表4。稻草含水量約10%，並假設只有2/3的施用量混入土壤中，無論稻草或大豆殘體均假設其乾物含40%碳。(無機肥＋蔗渣濾泥堆肥)區各期作之施用量和施用總碳量如表4，施用時蔗渣濾泥堆肥之含水量約介於35-65%，乾物含碳量約介於6.5-12.5%。根據1983-1989年調查結果，春作之大豆平均生產總乾重爲8.8Mg/ha，根平均乾重爲0.41Mg/ha，秋作之平均生產總乾重爲6.7 Mg/ha，根平均乾重爲0.26Mg/ha，1986和1987年夏作之平均總乾重爲12.0Mg/ha，根平均乾重0.64Mg/ha，假設根乾物中含碳40%，則春、夏、秋作殘留於土中之根部分，約提供0.16，0.1，0.26Mg/ha碳量。

日本埼玉縣鴻巢市1926-1985年每年一作水稻試驗，共有無肥區、化肥區、綠肥區與稻草堆肥區等四種處理。化肥區施用500kg/ha硫酸銨，含氮105kg/ha。綠肥區每年施用23Mg /ha紫雲英，約含氮110kg/ha，假設其含水量80％[4]，乾物含碳40％，則每年施加1.8Mg/ha 碳量。堆肥區則施加12Mg/ha之稻草堆，約含1Mg/ha碳量。另施加600Kg/ha之大豆粕，其因分解甚速，故以化學肥料視之，未計入施用總碳量計算每一作約施103kg/ha氮量。試驗期60 年間無肥區、化肥區、綠肥區與堆肥區稻穀產量分別約爲1.7，3.5，3.5，3.7Mg/ha，稻蒿產量約爲2.5，5.2，4.5，5.5Mg/ha，每期作殘留根重水稻斷株之估算仍沿用台北水田者。估計各處理每年殘留的根和斷株可提供0.4，0.8，0.8，0.8Mg/ha之碳量。

日本神奈川縣平塚市蔬菜試驗乃始於1978年冬作至1986年冬作(於1987年6月收穫)，其中除了1978年冬作種植甘藍，1980年冬作萵苣外，其餘各年度冬作均是洋蔥，夏作均是甘藍。試驗中共有8種處理，本報告僅檢討其中化肥區、化肥區和牛糞堆肥加用區、牛糞堆肥單用區之土壤碳素變化，其分析值包括施用農藥與無施用農藥試驗區之平均值。化肥區施用複合磷加安，冬作甘藍施用氮量250Kg/ha，冬作萵苣240Kg/ha，冬作洋蔥180Kg/ha，夏作甘藍200Kg /ha。化肥區和牛糞堆肥加用區除了施加化肥區等量之氮素外，另施加2Mg/ha之牛糞堆肥，牛糞堆肥之含水量約爲60％，乾物中含碳28.4±6.1％，氮1.7±0.4％，C/N15±4。牛糞堆肥單用區則施用3.3倍化肥區氮量之牛糞堆肥，所以1978年冬作甘藍約施用121Mg/ha 牛糞堆肥，1980年冬作萵苣爲116Mg/ha，冬作洋蔥爲87Mg/ha，夏作甘藍爲97Mg/ha。施用碳量分別爲13.7Mg/ha，13.2Mg/ha，9.9Mg/ha，11.0Mg/ha。假設每作殘留0.5Mg/ha乾重之地上部作物殘體和根部，若以含碳40％計算，每作殘體提供0.2Mg/ha之碳量。

㈡土壤有機碳分解模式

根據前人研究結果顯示，有機殘質在土壤中之分解及土壤腐植質之形成過程，甚爲複雜，有關土壤有機質分解與累積的模式亦甚多，然而引用之長期試驗資料都僅測定土壤之總碳量，若引用複雜之多變量動力模式，則其中不同形態之有機質反應速率常數之鑑定沒有試驗依據，而本文引用長期試驗資料可涵蓋趨向穩定平衡之數據，減少外插估算之誤差，因此乃先採用最簡易單組成份一階反應方程式，以一概括的分解速率常數，分別描述各試驗區在固定的肥培與作物制度下，有機殘質在土壤中之分解。目前乃針對土壤原有有機質與作物殘質或施用之有機質肥料之總碳量的分解與累積進行模擬，模式說明如下：

$$\frac{d(SOC)}{dt} = A - k(SOC) \quad \cdots\cdots(1)$$

式中SOC表示土壤有機碳，A爲每年的作物殘體回歸量或有機質肥料施用量中之總碳量，k爲土壤有機碳分解反應速率常數。k值乃因土壤特性、環境與施用有機質肥料質材而異。目前模擬時間差採一年。根據模式理論，土壤有機碳之分解速率與土壤有機碳含量成正比，但分解速率常數值與土壤有機碳含量無關[36]。當土壤有機碳達平衡時，即d(SOC)/dt＝0時，則k(SOC)＝A，即單位時間有機碳之分解量等於其施用碳量，因此在每年固定的施用量下，雖然初期分解量較小，但會逐漸累積，至終最大分解量即等於每年的施用量。而土壤有機碳之累積量，則因k值之大小而異，且爲線性相關，如每年施用1 Mg/ha，若k＝0.1，則平衡時有10

Mg/ha土壤有機碳之累積，若k＝0.2，則僅有5 Mg/ha土壤有機碳之累積。達平衡之時間亦隨k值而異，即隨土壤特性、環境與施用之有機質肥料質材而異。k值愈小，則達平衡所需之時間愈長。根據Matus and Rodriguez (1994)在智利四個旱作輪作田施用作物殘體之長期試驗結果顯示，溫度在12-18℃，年平均雨量600-1200㎜之間，其達平衡所需之時間約80-100年。Cambell et al. (1967)以同位素法測定土壤腐植質之turnover時間需爲1000年。目前討論之長期試驗中，台北水田48年中僅有2點資料(圖三)，屏東、台南與日本平塚資料則均未超過15年，用以推測其長期趨勢及未來達平衡時之可能的土壤有機質含量，其準確性相對較低。

結果與討論

(一)不同試驗區土壤有機質分解與累積

本文檢討之五處試驗區不同肥料處理之土壤有機碳的逐年變化如圖三。雖然目前討論的五處長期試驗均沒有完全相同的作物制度，土壤母質與特性亦不同，但分別比較水田或旱田，由各試驗的無肥區或化肥區土壤有機質的累積趨勢(圖三，表五)，大致可看出，由於溫帶日本的溫度較熱帶台灣低，土壤有機質的分解速率較慢，故相似的作物制度其土壤有機質的累積較明顯。如日本鴻巢市的水田化肥區土壤有機質可維持在5％，而台灣二處水田約可維持在3-4％。台北水田無肥區可維持和日本鴻巢市水田之4％有機質，可能因日本只有一期作，作物殘體之回歸量較少，且台北之年雨量較多所致。但由台北水田化學區雖相對增加較大作物產量，以致增加較多的作物殘體回歸量，但其土壤有機質之維持量，仍不及日本鴻巢水田所維持者。即可看出環境溫度對有機質分解之效應。又比較性質較爲相似的台北水田所施用的廄肥和日本鴻巢所施用稻草堆肥，則日本鴻巢每年施用1 Mg C/ha經過60年，約可較無肥區逐漸增加3.2％之土壤有機質，而台北水田每年施用2.8 Mg C/ha，經過48年，約僅可較無肥區增加1％之土壤有機質，足見熱帶地區環境對土壤有機質的消耗較溫帶明顯。在旱田方面亦然，一般而言，蔬菜田之作物殘體回歸量，應較大豆田少，而日本平塚蔬菜田之化肥區仍可較善化大豆田可維持較高的土壤有機質含量。

若分別比較日本與台灣的水、旱田，則水田明顯比旱田容易有土壤有機質的累積，如屏東萬巒的水旱輪作田與台南善化的旱田其年平均溫度相近，但因萬巒維持二期水田，且其全年雨量較善化約多1000㎜(表一)，排水又不及善化旱田良好，故其化肥區土壤有機質約可維持在3％，而善化的化肥區卻僅維持在0.85％，台北二期作水田則因冬天休耕時仍有相當的雨水(圖二)，且土壤排水亦較不良(表二)，故化肥區的土壤有機質甚至可維持在4％。雖然不同作物制度之作物生產量不同，殘留於土壤之根量與地上部作物殘體不同，但比較作物制度相似之台北水田與萬巒輪作田，仍顯示土壤水分狀態爲土壤有機質分解的重要影響因子。日本的水、旱田土壤有機質含量亦有相當的差異，如鴻巢和平塚其溫度相近且土壤特性亦相近，但鴻巢水田化肥區的土壤有機質約可維持在5％，但平塚蔬菜田則僅可維持在2.5％左右。

由目前台北與日本鴻巢二處水田化肥區與無肥區之長期試驗結果顯示，化學肥料之施用，因可增加農作物之產量，進而增加作物殘體回歸土壤之總量，故化肥區較無肥區有明顯的土壤有機質累積，平衡時可維持在較高的含量。Janzen(1991)亦提出從西加拿大土壤的長期輪作試驗顯示，適當的化學肥料施用，可增加土壤有機質含量及土壤供氮能力。蘇等(199 1)綜合

各項試驗觀察調查予以判斷，在多作栽培足量施用化學肥料之情況下，台灣土壤之肥力不但沒有衰退，且一般正在逐漸提高之中，但建議於作物系統中列入水稻。

根據台北水田長期施用青皮豆綠肥與日本鴻巢長期施用紫雲英綠肥之試驗結果顯示，施用綠肥對土壤有機質累積之助益不大，土壤有機質含量僅能維持稍高於化肥區。另一日本Toyama農業試驗場長期試驗(1930-1944)亦顯示，連續施用45 Mg/ha(鮮重)紫雲英綠肥於水田，在14年後僅有全部施用量的6％殘留於土壤中，並未如預期中施用綠肥有大量的土壤有機質累積，以增加地力[38]。根據日本鴻巢水田連用23Mg/ha/yr(鮮重)綠肥估算，60年後僅有全部施用碳量之5%殘留於土壤中。台北水田連用32Mg/ha/yr(鮮重)綠肥估算，48年後僅有全部施用碳量之1.5％留於土壤中。因此綠肥可視爲速效性肥料，提供當期作物養分之需要。

雖然有機質肥料之分解特性不同，但比較目前五處長期試驗結果仍顯示在不同的作物制度下，欲藉有機質肥料之施用增加土壤有機質，即增進地力，台灣地區顯然較日本地區困難，旱田又較水田困難。根據估算結果顯示，台北水田連用48年18.2Mg/ha/yr廄肥後，萬巒水旱輪作田連用14年10Mg/ha/yr(起初三年爲6Mg/ha/yr)作物殘體後,善化旱田連用九年20-1 50Mg/ha/yr蔗渣濾泥堆肥後，分別約僅有全部施用碳量之5.5％，3.5％，35％殘存於土壤中。善化旱田因還未達平衡，故相對殘留量較高。日本鴻巢水田連用60年12Mg/ha/yr(鮮重)稻草堆肥，平塚旱田連用9年450-380Mg/ha/yr(鮮重)堆肥，則分別約有全部投入量之30％和25 ％殘留於土壤中。

(二)土壤有機碳分解模擬

按式[1]之反應方程式，估算各試驗不同肥料處理試驗的土壤有機質分解反應速率常數k值如表3，因k值隨土壤特性、環境與施用之有機質特性而異，從不同試驗之k值顯示，未施用有機質肥料處理之水田k值小於旱田，類似作物制度則日本土壤又低於台灣土壤。雖然各試驗施用之有機質肥料不同，但施用不同有機質肥料之處理區大致亦依循上述趨勢。

化肥區與無肥區土壤有機質之來源均是作物殘體，其k值應相當接近，然而台北水田無肥區估算之k值甚低於化肥區者，日本Saitama水田無肥區之k值亦低於化肥區者，其原因可能是因化肥區施用氮肥，促進有機質分解，但亦可能是殘留根量之估計與實際根量有差異等其他原因。根據前人研究結果，在合適的生長環境下，大豆整個生長期出現最大根系，不是在收穫期，而是在繁殖初期，然後在子實充實期逐漸衰微[10,14,15,26]。雖然根系在子實期逐漸衰微，但直到生理成熟期仍有新根形成[26]。因此實際回歸於土壤之有機質殘體，可能遠大於現在的估算方法。另外，在日本鴻巢農事試驗場各種有機物在土壤中之分解過程試驗報告顯示，雖然經過五年後，稻草僅殘留施用之10％碳量，稻根殘留20％，但第一年之分解率即分別爲75％和50％[37]，因此以目前模擬時間差採用一年，推測殘留根量可能佔土壤有機質相當比例。此外，土壤有機質分解乃是土壤微生物活動的結果，不同量的作物殘體，是否導致微生物活性或繁殖差異，以致使土壤有機質的分解速率，依作物殘體回歸量或有機質肥料施用量而異，亦需進一步探討。根據前人研究結果亦顯示，作物殘體之分解速率與所施用之量沒有一定的關係[22,23,24]。綠肥之葉、莖、根植體之分解速率及氮礦化，除了受植體氮濃度及C/N比影響外，亦受植物殘體含lignins,fats及waxes含量之影響[9]。其礦化氮量與lignin含量成負相關，一般豆科作物莖、根含lignin約在10-30％，葉含lignin約3-6％，故含氮量高之葉分解及礦化速率快[17]。日本試驗亦顯示不同質材有機質其分解速率與其lignin含量成負相關

[29]。施用作物殘體或有機質肥料之蛋白質、纖維、半纖維與lign in之成分亦會影響其後微生物產物與土壤腐植質之穩定性[19,20]，而土壤有機質之平衡水準與不易分解之腐植質的量與分解速率，遠比與剛加入之作物殘體與有機質肥料之分解速率有關[36]。本文因僅以一概括分解率常數來描述土壤有機質分解之複雜過程，故有前述無肥區估算之k值低於化肥區者之情形。雖然以這樣簡易的模式進行模擬，其應用性較受限制，但若應用於類似的作物制度之模擬，應不致有太大的誤差。

根據模式理論分析，在土壤有機質達平衡時，土壤有機質即不再累積，每年的分解量即等於每年的施用量，若按式(1)之一次反應方程式，模擬土壤有機質分解與累積之長期趨勢，以推測各試驗區有機質肥料處理之可能達平衡所需之時間，則台北水田、屏東萬巒、台南善化旱田分別約需180，120和80年，而日本鴻巢水田和平塚旱田分別爲90年和470年。但台北水田、屏東萬巒、台南善化旱田分別於70，40，30年後，日本鴻巢水田和平塚旱田分別於150和40年後，土壤有機碳之分解量即已接近於每年施用碳量(圖四)。一般而言，溫帶地區土壤有機質分解速率較慢，達平衡所需之時間較長，熱帶地區則反之。假定有機殘質之C/ N在15以下，生物固定化作用不明顯的情形下，在平衡時，隨著有機質之分解，氮之礦化率應達最高，即每年施用量所含之氮量。因此根據計算結果，台北水田在連續施用18Mg/ha(鮮重)(含2.8Mg C/ha)廄肥，1，5，10，20後，其每年有機碳分解率分別約爲67，76，85，95％，平衡時，約可維持2.7％之土壤有機碳。萬巒水田在續施用10Mg/ha(約含3.6Mg C/ha)作物殘體，1，5，10，20年後則分別爲76，86，92，99％，平衡時，約可維持2.05％之土壤有機碳。善化旱田在連續施用110Mg/ha(鮮重)(約含5Mg C/ha)蔗渣濾泥堆肥，1，5，10，20年後則分別爲73，89，96，99％，平衡時約可維持1.15％之土壤有機碳(圖四(b))。顯示在台灣環境下，因著土壤有機質的分解快速，相對地在較短的時間內有更多的養分釋出，此指明台灣環境雖然不利土壤有機質的累積，以增進地力，但有利於施用有機肥料中養分之釋出以供作物利用，另一方面亦可提供無害廢棄物之處置場所，達廢棄物減量之目的，但需酌定合理施用量，以防二次污染。

㈢有機質肥料施用量試定

根據長期試驗結果與應用模式預測長期的土壤有機質累積趨勢，可針對土壤有機質累積之需求，概略估算在現有的耕作制度下，提高土壤有機質含量所需施用的有機質肥料量。由於有機質肥料及其在不同土壤環境之分解特性不同，故目前僅能按已有的幾處長期試驗有機質肥料處理區之結果，試定其施用量，供類似土壤環境參考使用(表五)。鑑於施用大量有機質肥料其分解礦化之氮量，可能造成二次污染，因此施用量亦需同時考慮可能礦化之氮量。若施用含重金屬廢棄物，則重金屬之累積又爲另一考慮因素。本文僅先考慮有機質累積與礦化氮量問題。根據台北水田之長期試驗結果，每年施用18.2 Mg/ha(鮮重)之廄肥，可使土壤有機質含量由3.5％提升至4.7％左右，若以目前採用之一階反應模式估算，假設有機質肥料施用量與試驗之施用量相近時，不致影響分解速率常數，則若欲使土壤有機質由無肥區之3.5％，提高至4.5％，則需每年施用17 Mg/ha(鮮重)廄肥，在達平衡時約可提供180㎏ N/ha /yr，施用20 ㎎/ha(鮮重)則可增加1.5％之土壤有機質，平衡時約提供210㎏ N/ha/yr。屏東萬巒水旱輪作田在化肥區約可維持3％之土壤有機質。按模式估算，每年若施用10 Mg/ha(風乾重)作物殘質，在平衡時約可使土壤有機質維持在3.5％。台南善化旱田化肥區之土壤有機質約僅能維持在

0.86％，根據目前每年非等量蔗渣濾泥堆肥施用量試驗結果概略估算，欲使土壤有機質維持於1.5％，則需每年施用80 Mg/ha(鮮重)堆肥，即施用3.7 Mg C/ha，若施用110 Mg/ha或141 Mg/ha(鮮重)，即施用5.2及6.7 Mg C/ha，則分別可使土壤有機質維持在2％及2.5％，然而在平衡時其約有釋出740及950kg N/ha/yr，恐有二次污染之虞。

熱帶地區由於土壤有機質的分解速率較快，故不易維持在高的含量，一般熱帶地區國家如菲律賓，將土壤有機質分爲三級，低於2％者爲低級(low level)，介於2-3%者爲中級(medium level)，高於3％者爲高級(high level)[37]。根據林(1982)71年全省80處一期作水田肥力調查結果顯示，台灣地區土壤有機質介於0.85-7.35％，平均值爲2.70％，介於1-4％者占85％。土壤有機質含量高於1%者，其產量無明顯差異，而低於1%者，其稻穀產量偏低。但當時的調查資料低於1%者只有2處。以目前長期試驗結果顯示，水田在無肥區或化肥區即可維持在高有機質含量水準，施用適量有機質肥料可再增進其地力，但不如日本可維持在更高的水準。旱田方面則化肥區僅能維持在1%之低土壤有機質含量，若要提高其含量，則長期所施用之堆肥量，即可能造成污染。至於旱田土壤有機質含量對作物生產之影響，則需進一步探討。

雖然有機質肥料之特性不同，但根據模式對長期試驗之模擬(表五)，欲維持旱田在2.5％之土壤有機質含量，台灣善化田每年需施用7.2 Mg C/ha，而日本平塚旱田僅需施用4.5 Mg C/ha。而平塚旱田若施用大量有機質肥料，甚至可使土壤有機質提高至8.5％，只因在日本之礦化率較低且達平衡之時間較長，故在施用初期可能還不致有污染問題，但長期施用仍可能造成污染。

結　論

根據本文檢討之五處長期試驗結果，歸納如下之結論：

(1)比較各試驗區的未施有機質肥料區顯示，不同的作物制度在不同的氣候與土壤條件下，可維持之土壤有機質含量有相當差異，一般而言，溫帶較熱帶、水田狀態較旱田狀態，可維持較高的土壤有機質含量。

(2)針對有機質之累積而言，無論在溫帶或熱帶土壤，化學肥料之施用並未見導致土壤之劣化，由台北、日本水田長期試驗顯示，化肥區較無肥區有更多的土壤有機質累積。綠肥之施用對地力之增進不大，僅較化肥區維持稍高的土壤有機質含量。

(3)利用台灣地區有機殘質在土壤中分解快速之事實，農地可利用作爲無害廢棄物最終處置場所，以提供廢棄物減量方法之一，亦可提供作物所需之養分，使資源可以循環再利用，但需酌定合理施用量。

(4)欲施用有機質肥料以增進地力，台灣環境顯然較日本環境困難，若考慮氮之礦化量不致造成二次污染，推估每年施用之有機質肥料量，在平衡時，水田約僅能較化肥區提高1%之土壤有機質。旱田則約可提高0.5％。

謝　誌

本文所討論之長期試驗，除了從文獻中直接引用外，特別感謝亞蔬Dr. Richard A. Morris與馬清華小姐，提供試驗結果之數據及相關資料，特此致謝。

表 1.各試驗區氣象資料

Table 1. Weather data of the different experimental sites.

Location	weather station	Weather station		
		years	Ann.mean temp[a](℃)	Ann.mean rain(mm)
Taipei	Taipei	1931-1960	22. 1	2100
Wanluan, Pingtung	Neipu	1985-1990	24. 0	2615
Shanhua, Tainan	Yungkang	1950-1974	23. 7	1579
Saitama, Japan	Konosu	1975-1976	15. 1	
	Tokyo	1901-1945	15. 3	1461
Kanagawa, Japan	Hiratsuka	1989	16. 3*	
	Tokyo	1901-1945	15. 3	1461

(a) annotated "*" are soil temperature, the rest are air temperature.

表 2.各試驗區土壤特性

Table 2. Soil properties of the different experimental sites.

Location	Soil Properties (surface soil)				
	Soil groups	texture	drainage	pH	BD
Taipei, Taiwan	Sandstone and shale younger alluvial soils	L	Poorly	5. 1	1. 2
Wanluan, Pingtung, Taiwan	Slate older Alluvial soils	SiL	imperfectly	4. 7	1. 3
Shanhua, Tainan, Taiwan	Sandstone and shale younger Alluvial soils with lime concretions	SiL	moderately well	7. 0	1. 5
Konosu, Saitama, Japan	Fine textured gray lowland soils	LiC-CL		5. 8	1. 23
Hiratsuka, Kanagawa, Japan	Gray lowland soil	SCL		5. 5-6. 8	1. 09-1. 15

表3. 各試驗區不同處理之作物殘體/有機質肥料施用量與其估計分解速率常數

Table 3. Rates of crop residues/organic manures applied in the different experimental plots and sites and the rate constants of organic matter decomposition estimated.

Location	Years	crop system	trt[(a)]	crop residue/ organic manure	rate applied(Mg/ha/yr) matter	rate applied(Mg/ha/yr) C	decomposition rate constant(K)
Taipei, Taiwan	1924-1972	rice-rice	NoF	rice stubble & root	1. 4	0. 6	0. 0145
			IF	rice stubble & root	2. 6	1. 0	0. 249
			GM	rice stubble & root	2. 6	1. 0	0. 077
				green mamue (soybean)	31. 6*	2. 5	
			OF	rice stubble & root	2. 7	1. 1	0. 752
				farm yard manure	18. 2*	2. 8	
Wanluan, Pingtung, Taiwan	1974-1988	rice-rice-soybean	IF	rice stubble & root	5. 8	2. 3	0. 055
			IF+res.	root	4	1. 6	0. 115
				rice straw	6-8*	2. 2-2. 9	
				soybean residue	0-2*	0-0. 7	
Shanhua,	1984-1992	soybean -soybean -soybean	IF	root	0. 7-1. 3	0. 3-0. 5	0. 3-0. 08
				crop	21. 5-0	8. 6-0	
				bagasse-filter cake compost	20-0*	1. 5-0	
			IF+OF	root	0. 7-1. 3	0. 3-0. 5	0. 3-0. 18
				crop residue	21. 5-0	8. 6-0	
				bagasse-filter cake compost	150-20*	8. 8-1. 5	

(a) trt：treatment, NOF：No fertilizer, IF：Inorganic fertilizer, GM：Green, OF：organic fertilizer

(b) annotated '*' are based or fresh weight, while the rest are based on dry weight

表3. (續)

Table 3. (continued)

Location	Years	crop system	trt[a]	crop residue/ organic manure	rate applied(Mg/ha/yr) matter	C	decomposition rate constant(K)
Konosu	1926-1985	rice	NoF	rice stubble & root	1. 0	0. 4	0. 013
Saitama,			IF	rice stubble & root	2. 0	0. 8	0. 018
Japan			GM	rice stubble & root	2. 0	0. 8	0. 054
				Chinese milk vetch	23*	1. 8	
			OF	rice stubble & root	2. 1	0. 8	0. 03
				straw compost	12*	1	
Hiratsuka,	1978-1987	onion-	IF	root	1. 0	0. 4	0. 028
Kanagawa, J		cabbage	IF+OF	root	1. 0	0. 4	0. 15
apan				cow dung compost	4. 0*	4. 1	
			OF	root	1. 0	0. 4	0. 21
				cow dung compost	218- 184*	22. 3- 18. 8	

(a) trt：treatment, NOF：No fertilizer, IF：Inorganic fertilizer, GM：Green, OF：organic fertilizer

(b) annotated '*' are based or fresh weight, while the rest are based on dry weight

表 4. 台南善化堆肥施用區逐年地上部作物殘體回歸量與蔗渣濾泥堆肥施用量

Table 4. Application rates of above ground crop residue and bagassefilter cake compost of compost treatment on soybean field in shanhua, Taiwan.

year	crop	crop residue				bagasse-filter cake[2]	
		straw(Mg/ha)[1]		soybean residue(Mg/ha)		fuesh matter	C
		fresh matter	C	dry matter	C	(Mg/ha)	(Mg/ha)
1984	Spring	5	1. 2	4. 0	1. 6	0	
1984	Autumn	5	1. 2	2. 8	1. 1	20	1. 5
1985	Spring	10	2. 4	5. 5	2. 2	30	2. 2
1985	Summer	-	-	-	-	-	-
1985	Autumn	10	2. 4	3. 4	1. 4	30	2. 2
1986	Spring	10	2. 4			50	3. 0
1986	Summer	10	2. 4			50	2. 5
1986	Autumn					50	2. 8
1987	Spring					50	3. 7
1987	Summer					50	2. 6
1987	Autumn					50	2. 6
1988	Spring					50	2. 2
1988	Summer					50	2. 5
1989	Autumn					50	2. 1
1989	Spring					50	1. 6
1989	Summer					50	3. 5
1990	Autumn					50	2. 6
1990	Spring					50	2. 2
1990	Autumn					50	2. 6
1991	Spring					50	2. 6
1991	Autumn					50	2. 6
1992	Spring					50	2. 4
1992	Autumn					50	3. 0

1) To estimate the C content of rice straw mulch at the time of incorporation, the following were assumed：10% moisture content and 40% C based on dry weight, of which one third was lost during the season before incorporation.

2) the moisture and Ccontent based on dry weight of bagasse-filter cake compost were：35-65% and 6.5-12.5%

表 5. 各試驗區維持不同土壤有機質含量所需施用之有機質肥料估量

Table 5. The estimated rates of crop residues or organic manures required for maintaining different levels of soil organic matter in the different experimental plots and sites.

OM	Taipei trt.[a]	Taipei C (ton/ha)	Taipei res or OF[b] (ton/ha)	Wanluan trt.	Wanluan C (ton/ha)	Wanluan res or OF (ton/ha)	Shanhua trt.	Shanhua C (ton/ha)	Shanhua res or OF (ton/ha)	Konosu trt.	Konosu C (ton/ha)	Konosu res or OF (ton/ha)	Hiratsuka trt.	Hiratsuka C (ton/ha)	Hiratsuka res or OF (ton/ha)
1							IF	1. 2	4. 0c						
1. 5							IF+OF	4. 3	1. 3^c+80^f				IF	0. 44	1. 1^c
2							IF+OF	5. 7	1. 3^c+110^f						
2. 5							IF+OF	7. 2	1. 3^c+141^f				IF+OF	4. 5	1^c+40^h
3				IF	2. 1	5. 0c									
3. 5	NoF	0. 5	1. 3^c	IF+res	5. 2	13. 0c				NoF	0. 4	1^c			
4	IF	1. 1	2. 7												
	GM	3. 5	2. 6c+31^d												
4. 5	OF	3. 8	2. 7c+17^e												
5	OF	4. 2	2. 7c+20^e							IF	0. 8	2^c			
										GM	2. 7	2^c+23. 5^g			
5. 5															
6															
6. 5															
7										OF	1. 8	2^c+11^g	OF	17. 6	1^c+169^h
7. 5															
8															
8. 5													OF	21. 4	1^c+206^h

(a) trt：treatment, NoF：No fertilizer, IF：Inorganic fertilizer, GM：Green manure, OF：Organic fertilizer

(b) res. or OF：crop residue or organic fertilizer (c) crop residue(root, rice stubble……) (dry weight) (d) Green manure (fresh weight)

(e) Farm yard manure(fresh weight) (f) bagasse-filter cake compost(fresh weight) (g) rice straw compost(fresh weight)

(h) cow dung compost (fresh weight)

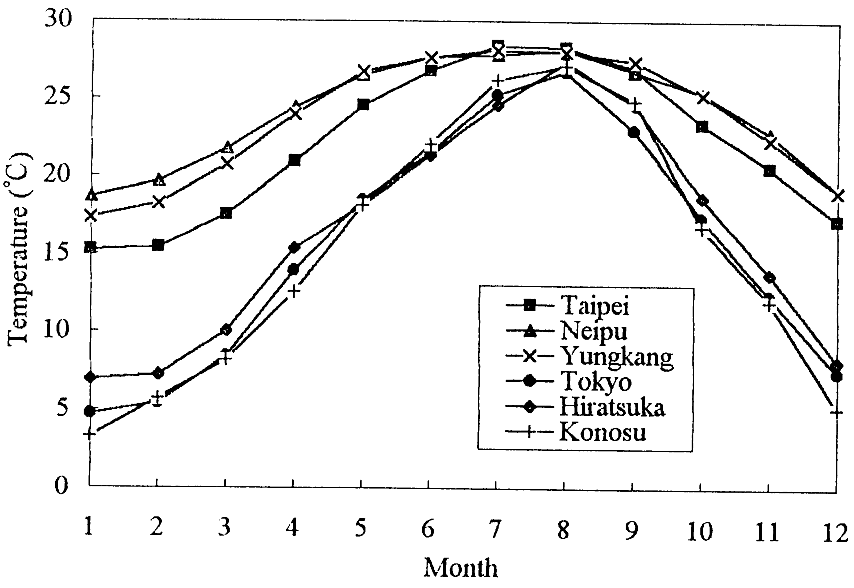


圖 1. 各試驗區歷年的月平均溫度

Fig 1. Monthly mean temperature of the different experiment sites.

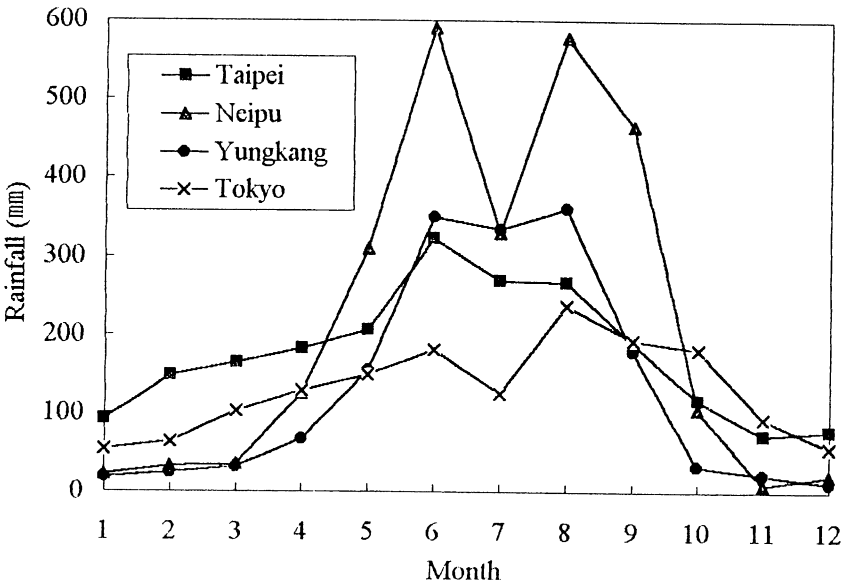
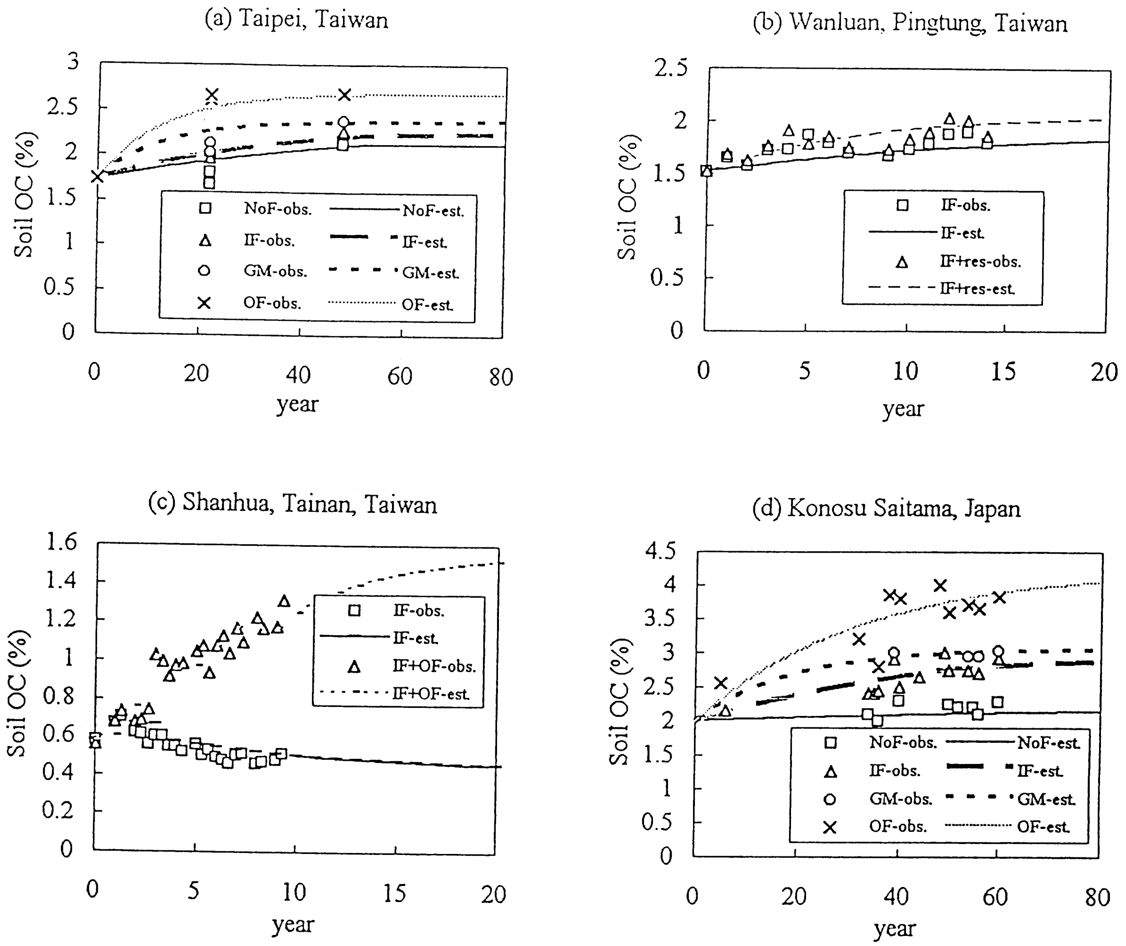


圖 2. 各試驗區歷年的月平均溫度

Fig 2. Monthly mean rainfall of the different experiment sites.



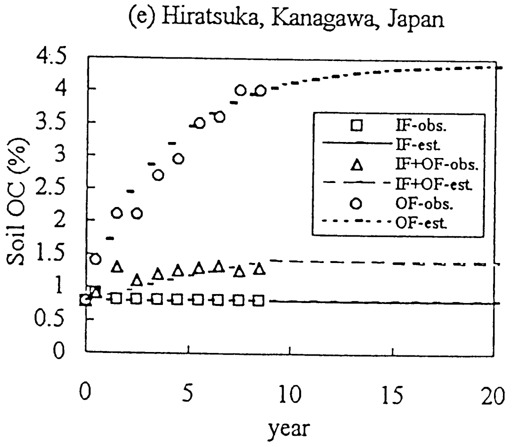
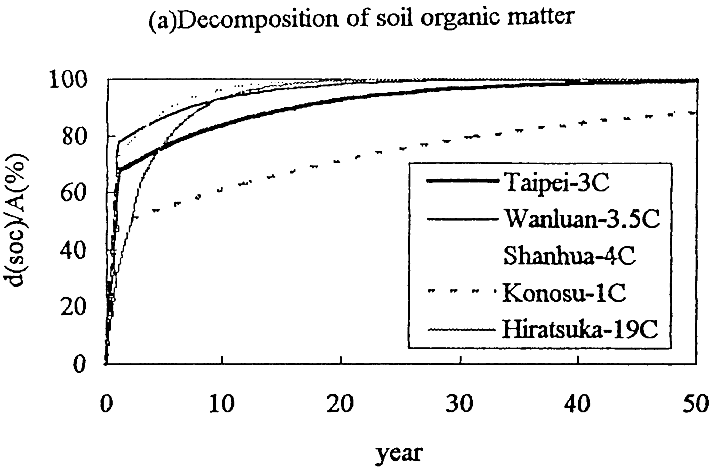


圖3. 各試驗區不同肥料處理之土壤有機質累積情形與模擬結果

Fig 3. Companison of the simulated and observed soil organic matter accumulation in the different ecperimential plots and sites.

(a)Taipei, Taiwan
(b)Wanluan, Pingtung, Taiwan
(c)Shanhua, Tainan, Taiwan
(d)Konosu, Satama, Japan
(e)Hiratsuka, Kanagawa, Japan



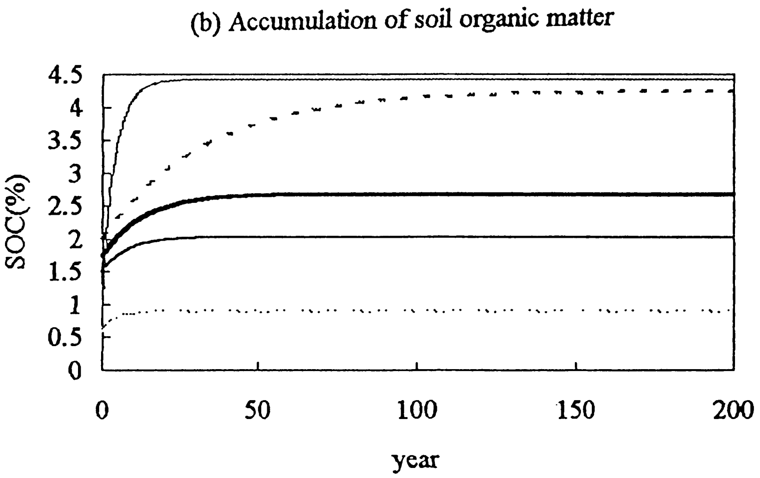


圖 4. 各試驗地點有機質肥料施用區之土壤有機質分解與聚積

Fig 4. Decomposition and accumulation of organic matter in soils of organic manures plots in different sites.

參考文獻

1. 林家棻、李子純、張愛華、陳卿英． 1973 長期連用同樣肥料對於土壤化學性質與稻谷收量之影響． 農業研究 22(4)：241-262.

2. 張守敬、林家棻、步焱昇． 1947 同種肥料連用對於水稻產量及土壤理化性之影響．台灣農業試驗所彙報． 第3號：18-41.

3. 曾國珍． 1981 還原電位和總體密度對水稻根系分佈與產量的影響． 國立中興大學土壤學研究所碩士論文．

4. 焦彬、顧榮申、張學上． 1986 中國綠肥． 農學出版社．北京．

5. 農試所年報． 1982 台灣省土壤肥力能限分類規範調查研究． 台中霧峰 pp.77-82.

6. 羅瑞生、蘇楠榮． 1989 酸性土於水稻－水稻－大豆輪作下長期施用石灰與件物殘體對土壤肥力與作產量之影響． 臺灣省政府農林廳土壤肥料試驗成果報告．

7. 蘇楠榮、王錦堂、吳懷國． 1991 台灣多作制度下土壤肥力之變化． 輪作制度對土壤肥力及作物影響研討會論文專輯． pp.1-27.

8. Allison, F.E. 1965 Soil organic matter and its role in crop production. Elsevier, Amsterdam. 637 pp.

9. Allison, F.E. 1973 Soil organic matter and its role in crop product. pp.461 -483. Elsevia, Amsterdam.

10.Allmaras, R.R., W.W. Nelson, and W.B.Voorhees. 1975 Soybean and corn rooting in southwestern Minnesota:II. Root distribution and related water inflow. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 39: 771-777.

11.AVRDC progress report. 1990 Fertilizer management for sustainable soybean cultivation under continuous cropping. pp.209-215.

12.AVRDC progress report. 1991 Vegetable soybean in cropping systems:effect of residues on soil-N dynamics and growth of tow vegetable species. pp. 252-261.

13.AVRDC progress report. 1993 Soil organic carbon and nitrogen accumulation from compost. pp. 371-375. Shanhua, Tainan.

14.Brown, D.A. 1984 Characterizing root growth and distribution. Ark Farm Res. 33: 3.

15.Burch, G.J., R.C.G. Smith, and W.K.Mason. 1978 Agronomic and physiologicalr esponses of soybean and sorghum crops to water deficits.II.Crop evaporation, soil water depletion and root distribution. Aust.J.Plant Physiol.5:169-177.

16.Campbell, C.A., E.A. Paul, D.A. Rennie and K.J. McCallum. 1967 Applicability of the carbon-dating method of analysis to soil humus studies. Soil Sci. 104: 217-224.

17.Frankenberger, Jr, W.T. and H.K. Abdelmagid. 1985 Kinetic parameters of nitrogen mineralization rates of leguminous crops incorporated into soil. Plant and Soil. 87: 257-271.

18.Greenland, D.J. and Nye P.H. 1959 Increases in carbon and nitrogen contents of tropical soils under natural fallows. J. Soil Sci. 10: 284-299.

19.Herman, W.A., McGill, W.B. and Dormaar, J.F. 1977 Effects of initial chemcal composition on decomposition of roots of three grass species.Can. J. Soil Sci. 57: 205-215.

20.Hunt. H.W. 1977 A simulation model for decomposition in grasslands.Ecology. 58: 469-484.

21.Janzen, H.H. 1991 Fertilization promotes soil organic matter. Alberta Research p10.

22.Jenkinson, D.S. 1971 Studies on the decomposition of C labelled organic matter in soils. Soil Sci. 111: 64-70.

23.Jenkinson, D.S. 1977 Studies on the decomposition of plant material in soil. IV. The effect of rate of addition. J. Soil Sci. 28: 417-423.

24.Jenkinson, D.S. and A. Ayanaba. 1977 Decomposition of carbon-14 labeled plant material under tropical conditions1. Soil Sci. Soc. Am. J., VOL. 41: 912-915.

25.Jenkinson, D.S., and J.H. Rayner. 1977 The turnover of soil organic matter in some of the

Rothamsted classical experiments. Soil Sci. 123: 298-305.

26.Kaspar, T.C., C.D. Stanley, and H.M. Taylor. 1978 Soybean root growth during the reproductive stages of development. Agron. J. 70: 1105-1107.

27.Kirkham, D. and Bartholomew, W.V. 1955 Equations for following nutrient trans- formation in soil, utilizing tracer data II.Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 19: 189-192.

28.Lin, C., T.Liu, and T.Hu. 1987 Assembling a model for organic residue trans formation in soils. Proceedings of the National Science Council. Part B: Life Science. 11(2): 175-186.

29.Maeda, K. and H.Shiga. 1978 Year-long decomposition processes of various or ganic materials in a lowland field. J. Sci. Soil Manure,Japan 49: 455-460. (In Japanese)

30.Matus, F.J. and J. Rodriguez. 1994 A simple model for estimating the contribution of nitrogen mineralization to the nitrogen supple of crops from a stabilized pool of soil organic matter and recent organic input. Plant and Soil 162: 259-271.

31.Russell, J.A. 1964 Mathematical expression of seasonal changes in soil organic matter. Nature (Lond.) 204: 161-162.

32.Russell, J.S. 1975 A mathematical treatment of the effect of cropping system on soil organic nitrogen in two long-term sequential experiments. Soil Sci. 120: 37-44.

33.Russell, E.W. 1949 XV. The composition of the soil organic matter In. Soil conditions and plant growth. John Wiley & Sons Inc. N.Y.

34.Suzuki, M., K.Kamekawa, S.Sekiya and H.Shiga. 1990 Effect of continuous applications of organic or inorganic fertilizer for sixty years on soil fertility and rice yield in paddy fields. Transactions of the 14th International Congress of Soil Science. Vol II, pp.14-19.

35.Tanaka, I. and H.Shiga. 1988 Organic matter dynamics in paddy fields. Agriculture & Horticulture.63(4):479-488.(In Japanese)

36.Van Veen, J.A. and E.A.Paul. 1981. Organic carbon dynamics in grassland soils. I. Background information and computer simulation. Can.J.Soil Sci.61:185- 201.

37.Working group. 1985 Wetland soils : Characterization, Classification, and utllization. International Rice Ressarch Institute.

38.Yamazaki, K. 1957 Renge rice culture. Toyama Agri. Technol. 4(5): 1-31.

39.Yamada,H. 1991 Agricultural technological evulation on organic farming and gardening(No 2)-Estimation of soil nitrogen mineralization in upland fields continuously treated with organic and/ or chemical fertilizier.Report of Agricultural Research Institute of Kanagawa Prefecture.133: 67-74.(In Japanese)

40.Yamada, H., and H.Kamata. 1989 Agricultural technological evulation on organic farming and gardening. I. Effects of organic farming on yields of vegetables and soil physical and chemical properies. Report of Agricultural Research Institute of Kanagawa Prefecture.131:1-13.(In Japanese)

Modeling of Organic Matter Turnover in Some Taiwan Soils and Estimation of Criteria for the Application of Organic Manures

Chiling Chen and Shen Lian

Summary

This paper reviews changes of organic matter content in the soils of some long-term experiments conducted in Taiwan, where different rates of crops residues or organic manures had been applied continuously. The decompsition and accumulation of organic matter in the soils were simulated to the first order reaction and the model was used to estimate the input of organic manures required to maintain different levels of organic matter in the soils.

The experiments consist of a 48-year field trial with the cropping system of two crops paddy rice per year in Taipei, a 14-year field trial with the cropping system of rice-rice-soybean per year in Pingtung and a 9-year field trial with the cropping sy stem of 2-3 crops soybean per year in Taiwan. For the sake of comparison, a 60-year field trial with the cropping system of one crop paddy rice per year in Saitama, Japan and a 9-year field trial with the cropping system of onion-cabbage per year in Kanaga wa, Japan were also reviewed.

The results indicate that soil organic matter can maintain higher generally in the Temperate than in the Tropics, and in paddy than in upland. The long-term application of chemical fertilizer did not deplete the content of soil organic matter but even increase slightly compared to the soil without application of fertilizers. A stablized content (3.0%) of organic matter was, in fact, maintained in the soil without application of fertilizer in this paddy soil; the rice stubbles and roots remained in the s oil after the harvests were enough to maintain this level of organic matter without any tendency of depletion. On the other hand, the long-term application of green manure did not increase the content of soil organic matter as significantly as that of comp ost did, although it did increase slightly higher than the soil with the application of chemical fertilizer. Apparently, the increase of soil organic matter through the application of organic manure is more difficult in Taiwan than in Japan due to its high er rate of decomposition. This characteristics, however, is advantageous for agricultural land to act as disposal places for the harmless organic waste produced by animal husbandry. The reasonable rate of application, however should be evaluated so that en vironmental impact will be minimized.

According to the results of the experiments and simulation analysis, the continuous application of 17Mg/ha/year (fresh weight basis) of farm yard manure for 70 years is required to raise soil organic matter from the level of 3.5% to 4.5%, both at nearl y equilibrated state, in the paddy field of Taipei. The rate of N release at equilibrated status maintaining 4.5% organic matter is 180Kg N/ha/year. On the other hand, the continuous application of 110Mg/ha/year (fresh weight basis) of bagasse filter

cake compost for 30 years is required to raise soil organic matter from the level of 1% to 2%, both at nearly equilibrated state, in the upland field of Tainan. The rate of N release at equilibrated state maintaining 2% organic matter is 740Kg N /ha/year. The l ong-term application apparently will cause pollution to the environment.

Key words: Soil organic matter, Turnover, Modeling.

Taiwan Agricultural Research Institute, Assistant Soil Scientist, Soil Scientist and Head.
Department of Agricultural Chemistry, TARI., Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.